

Rangkaian Pengkondisi Sinyal dan Regresi Linier sebagai Metode Peningkatan Akurasi Pembacaan Sensor TDS pada Sistem Hidroponik

Muhammad Miftah Syahfiqri^{1*}, Edi Kuswara¹, M. Iqbal Nugraha¹, Zanu Saputra¹

¹Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung, Sungailiat

*E-mail : miftahsyahfiqri1@gmail.com

Received 2 Januari 2023; Received in revised form 30 Januari 2023; Accepted 30 Januari 2023

Abstract

Total solidity or TDS is one factor that indicates water quality with ppm readings (parts per million). The TDS role in the hydroponics plantation system is to measure the nutrients contained in the water that is used as a growing medium. However, the TDS sensors used in the hydroponics system are able to read only the ppm value at a sensitivity of 2 ppm per 1 ADC on Arduino Mega or Uno. In the study the authors developed a method of calibration by design a signal condition circuit to increase the value range of TDS censorship output, as well as the application of linear regression methods to obtain the transfer function leading to calibration process. Research shows that a set of op-amps was able to amplifying TDS 'advanced TDS output, which originally had a maximum output of 2.383 v to 5 v. The TDS sensor's accurate value that has been added to the signal reinforcement chain that originally valued 96.05% to 96.63%, with an accredited value increase of 0.58%.

Keywords: Arduino mega; Linear regression; TDS sensor; Op-amp.

Abstrak

Total Disolved Solid atau TDS merupakan salah satu factor yang menunjukkan kualitas air dengan satuan pembacaan ppm (parts per million). Peran TDS dalam sistem perkebunan hidroponik adalah untuk mengukur kadar nutrisi yang terkandung dalam air yang digunakan sebagai media tanam. Namun sensor TDS yang digunakan pada sistem hidroponik hanya mampu membaca nilai ppm dengan sensitifitas 2 ppm per 1 ADC pada Arduino Mega. Dalam penelitian ini penulis mengembangkan metode kalibrasi dengan menggunakan rangkaian penguat sinyal (Op-Amp) untuk meningkatkan nilai kisaran tegangan keluaran sensor TDS, serta penerapan metode regresi linier untuk mendapatkan persamaan dari hubungan nilai tegangan sensor TDS dengan nilai ppm dari TDS Meter agar mendapatkan akurasi pembacaan yang mendekati TDS Meter. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa rangkaian Op-Amp mampu untuk menguatkan tegangan keluaran sensor TDS yang semula memiliki tegangan keluaran maksimal 2,383 V menjadi 5 V. Nilai akurasi pembacaan sensor TDS yang telah ditambahkan rangkaian penguat sinyal yang semula bernilai 96,05% menjadi 96,63%, dengan peningkatan nilai akurasi sebesar 0,58%.

Kata kunci: Arduino mega; Regresi linier; Sensor TDS; Op-amp.

1. PENDAHULUAN

Total Disolved Solid atau TDS adalah jumlah padatan terlarut yang ada dalam air dan merupakan salah satu parameter yang berfungsi untuk menunjukkan kualitas air. Alat ukur yang digunakan untuk mengukur kadar TDS adalah TDS meter dengan satuan ppm (parts per million) [1]. Salah satu dari sekian banyak penerapan pembacaan TDS adalah pada sistem perkebunan hidroponik,

dimana pupuk yang digunakan adalah pupuk terlarut yang sekaligus menjadi media tanam [2]. Seiring kemajuan teknologi, pembacaan nilai TDS berkembang dengan adanya Sensor TDS.

Pada salah satu penelitian yang menggunakan sensor TDS pada sistem hidroponik, hasil pembacaan sensor TDS memiliki tingkat akurasi dibawah 90% [3]. Kemudian pada penelitian yang menggunakan metode regresi linier untuk

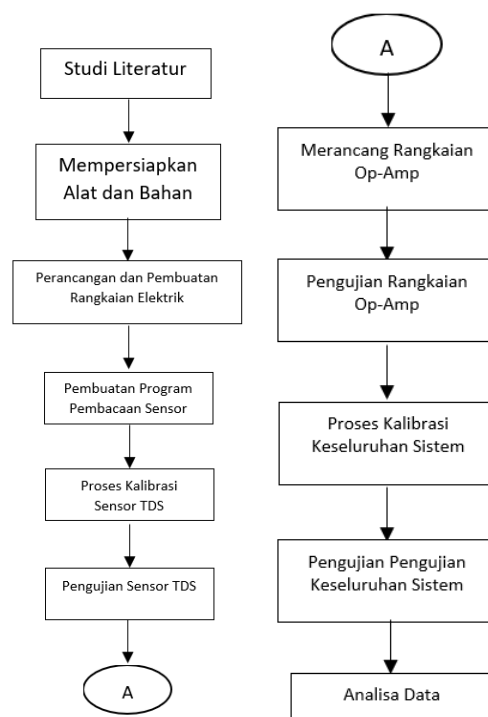
proses kalibrasi sensor TDS, nilai akurasi pembacaan sensor dapat naik menjadi 98,3%, namun penelitian tersebut hanya dilakukan pada jenis air mineral dengan kisaran nilai 7 ppm hingga 126 ppm [4]. Hal ini tidak dapat menunjukkan pengaplikasian alat apabila digunakan pada sistem hidroponik, dengan pengukuran pada air larutan nutrisi hidroponik yang memiliki kadar ppm lebih tinggi.

Pada penelitian ini, penulis merancang dan membuat sebuah rangkaian pengkondisi sinyal berbasis Op-Amp pada *output* sensor TDS guna meningkatkan hasil pembacaan tegangannya, yaitu meningkatkan kisaran tegangan *output* Sensor TDS yang memiliki spesifikasi tegangan *output* sebesar 0 - 2,3 Volt pada pembacaan 0-1000 PM. Nilai tegangan *output* ini akan dikuatkan menjadi 0-5V pada pembacaan 0-1000 ppm [5]. Hasil pembacaan pada sensor TDS awal yang hanya memiliki sensitifitas 0,0024 V/ppm akan dikuatkan menjadi 0,005 V/ppm.

Dimana sensitifitas nilai pembacaan nilai ADC pada Arduino Uno dan Mega yang umumnya digunakan adalah 0,0048 V/ADC. Dari nilai perhitungan tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa pembacaan untuk nilai 1 ADC pada Arduino membutuhkan pembacaan 2 ppm, sedangkan nilai 1 ppm tidak akan terbaca karena tidak mencapai nilai tegangan 1 ADC. Dari latar belakang inilah penulis berhipotesis bahwa nilai akurasi pembacaan sensor akan meningkat. Hal inilah yang melatarbelakangi penulis untuk menggunakan metode regresi linier dan ditambahkan rangkaian penguat sinyal (Op-Amp) dengan sampel pengujian menggunakan larutan nutrisi A-B mix.

2. METODE PENELITIAN

Metode yang dilakukan pada penelitian ini meliputi beberapa proses dan akan ditampilkan dalam bentuk *chart* pada Gambar 1.



Gambar 1. *Flowchart* Penelitian

2.1 Studi Literatur

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan beberapa referensi yang didapat melalui buku-buku maupun karya tulis dalam bentuk jurnal atau paper

mengenai penggunaan sensor TDS dan rangkaian penguat sinyal (Op-Amp).

2.2 Alat dan Bahan

Berikut ini merupakan alat dan bahan yang digunakan pada penelitian:

a. Arduino

Arduino adalah perangkat yang berisikan rangkaian elektronik dan bersifat open source. Salah satu jenis Arduino adalah Arduino Mega 2560. Arduino Mega 2560 merupakan jenis papan Arduino yang berbasis chip IC Atmega 2560. Arduino jenis ini memiliki 54 buah pin digital I/O, 16 buah pin Analog input, dan 4 pin UARTs [6]. Arduino ini digunakan untuk melakukan proses pengolahan data dari hasil pembacaan sensor TDS.

b. Sensor TDS (Total Dissolved Solid)

Sensor TDS merupakan jenis sensor yang berfungsi untuk mengukur kandungan total dissolved solid (TDS) atau total padatan terlarut di dalam air [7]. Prinsip kerja Sensor TDS adalah menerapkan sifat konduktivitas, dimana terdapat dua elektroda yang akan mengukur nilai konduktivitas dari suatu larutan [1]. Jenis sensor yang digunakan pada penelitian ini adalah DF Robot TDS Sensor. Sensor ini digunakan untuk mengukur kadar ppm dalam larutan, yaitu larutan pupuk A-B Mix.

c. TDS Meter

TDS Meter adalah alat ukur yang berfungsi mengukur nilai total dissolved solid atau jumlah padatan terlarut dalam air. Cara kerja dari TDS meter adalah dengan mengubah nilai arus pengukuran menjadi satuan ppm (*parts per million*) [1]. Pada penelitian ini, TDS Meter digunakan sebagai parameter pembandingan hasil pembacaan sensor TDS.

d. Operational Amplifier (Op-Amp)

Op-Amp adalah komponen elektronika yang berbentuk IC Linear dan memiliki kegunaan sebagai Signal Amplifying (Penguat sinyal). Komponen yang terdiri dari susunan dioda, transistor dan resistor [8]. Jenis IC Op-Amp yang digunakan pada penelitian ini adalah Lm358. Rangkaian Op-Amp berfungsi untuk menguatkan sinyal keluaran dari Sensor TDS yang hanya memiliki spesifikasi tegangan output 0-2,3V. Sehingga akan dikuatkan menjadi keluaran 0-5V DC.

e. Voltmeter

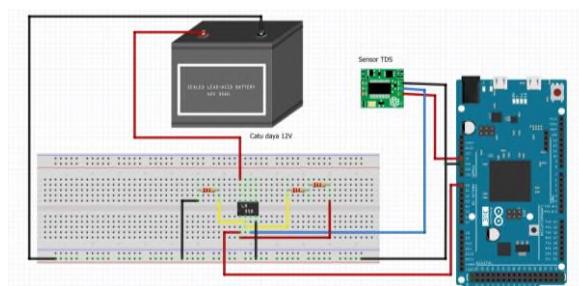
Voltmeter merupakan alat yang digunakan pada pengukuran nilai Tegangan listrik [9]. Penggunaan voltmeter pada penelitian ini adalah sebagai acuan pengukuran nilai tegangan pada proses pengujian tegangan *output* rangkaian Op-Amp.

f. Catu Daya

Power supply atau catu daya adalah alat yang berfungsi untuk mengubah *input* tegangan AC menjadi keluaran tegangan DC [10]. Power supply yang digunakan pada penelitian ini memiliki nilai output tegangan sebesar 12 V dan arus 3 A. Power supply ini akan digunakan sebagai tegangan VCC pada IC LM358.

2.3 Perancangan dan Perakitan Rangkaian Elektrik

Tahap ini merupakan tahap merancang rangkaian elektrik dari sistem yang akan dilakukan pengujian. Bentuk dari rangkaian elektrik yang akan digunakan pada penelitian akan ditunjukkan pada Gambar 2 rangkaian skematik.



Gambar 2. Rangkaian Skematik

Pin Output dari sensor TDS akan dihubungkan ke kaki pin 3 dari IC LM358. Tegangan 12 V dari catu daya akan dihubungkan ke kaki 8 (VCC) dari IC LM358. Pin tegangan 5 V dari terhubung ke VCC

sensor, sedangkan pin Ground (GND) dari sensor akan terhubung ke pin GND dari Arduino. Keluaran dari rangkaian Op-Amp (pin 1) akan dihubungkan ke pin A0 (*Analog Read*).

2.4 Pembuatan Program Pembacaan Sensor

Tahapan ini merupakan tahap pembuatan program pembacaan sensor dengan menggunakan aplikasi Arduino IDE. Pemrograman ini akan berisikan perintah pada Arduino dalam mengolah hasil pembacaan sensor TDS. Nilai dari ADC dari sensor akan dikonversi menjadi nilai Tegangan dan ppm.

2.5 Proses Kalibrasi Sensor TDS

Pada tahap ini merupakan tahap kalibrasi dimana hasil pembacaan sensor TDS yang berupa nilai ADC akan diubah menjadi nilai ppm dengan metode regresi linier. Penggunaan metode ini didasari oleh

$$Error = \frac{|Nilai Pembacaan Sensor - Nilai Pembacaan Alat Ukur|}{Nilai Pembacaan Sensor} \times 100\% \dots\dots\dots (1)$$

2.7 Merancang Rangkaian Op-Amp

Pada Tahap ini, dilakukan proses perancangan rangkaian Op-Amp yang akan digunakan sebagai penguat tegangan pada sensor TDS. Jenis rangkaian Op-Amp pada penelitian ini adalah rangkaian *non inverting amplifier*. Hal pertama yang dilakukan adalah menentukan besar penguatan nilai tegangan. Nilai penguatan dapat dihitung dengan rumus, berikut :

$$Penguatan = \frac{Tegangan Output}{Tegangan input}$$

$$Penguatan = \frac{5 V}{2,383V} = 2,098 = 2,1$$

Berdasarkan data kalibrasi sensor TDS, nilai tegangan keluaran maksimal dari sensor TDS adalah 2,383 V. Nilai tegangan inilah yang akan dikuatkan menjadi tegangan pembacaan maksimal pada Arduino Mega, yaitu 5V dengan besar penguatan yang dibutuhkan sebesar 2,098 kali atau

penelitian sebelumnya, dimana nilai akurasi rata-rata dari pembacaan sensor TDS diatas 90% [4].

2.6 Pengujian Sensor TDS

Tahap ini merupakan tahap pengujian terhadap nilai pembacaan sensor TDS yang telah dikonversi. Hasil pembacaan dari sensor TDS akan dibandingkan dengan hasil pengukuran dari TDS Meter. Pengujian dilakukan sebanyak 10 kali dengan 10 sampel larutan nutrisi A-B Mix dengan ppm berbeda. Rumus perhitungan nilai akurasi menggunakan rumus Akurasi = 100% - Error (%), dengan persamaan error sebagai berikut:

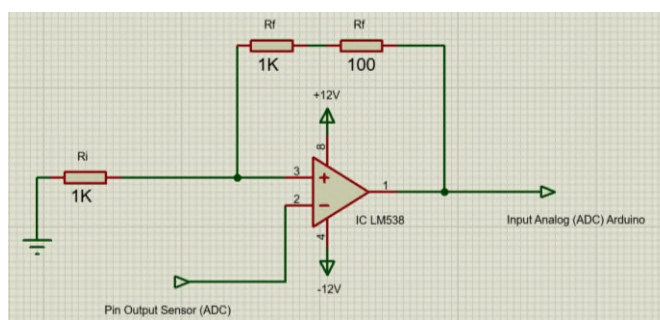
mendekati 2,1 kali. Berikutnya adalah menentukan nilai resistor *feedback* (R_f) dan resistor *input* R_i yang akan digunakan dalam rangkaian non inverting. Rumus perhitungan nilai R_f dan R_i pada rangkaian non inverting adalah, sebagai berikut:

$$Penguatan = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$2,1 = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

$$1,1 = \frac{R_f}{R_i}$$

Dari hasil perhitungan diatas , didapatkan nilai perbandingan $R_f : R_i$ yang akan digunakan dalam rangkaian penguat sinyal, yaitu 1,1 : 1. Dari nilai perbandingan tersebut, penguji menetapkan nilai resistor yang digunakan pada rangkaian adalah 1,1 K Ω (Ohm) pada R_f dan K Ω (Ohm) pada R_i . Gambar 3 merupakan rangkaian penguat sinyal yang akan digunakan.



Gambar 3. Rangkaian Op-Amp

2.8 Pengujian Rangkaian Op-Amp

Tahap ini merupakan tahap pengujian terhadap nilai akurasi dari penguatan rangkaian op-amp yang telah dibuat. Nilai penguatan dari pengujian tersebut akan dibandingkan dengan nilai penguatan dari hasil perhitungan. Dari perbandingan kedua nilai tersebut akan didapatkan nilai akurasi rata-rata dari rangkaian Op-Amp yang telah dibuat.

2.9 Proses Kalibrasi Keseluruhan Sistem

Pada proses ini dilakukan kalibrasi terhadap keseluruhan sistem, yaitu pembacaan sensor yang telah ditambahkan rangkaian penguat sinyal. Pada proses ini dilakukan perbandingan terhadap nilai tegangan sensor yang telah dikuatkan dan nilai ppm dari pembacaan alat ukur. Hubungan kedua variabel tersebut akan menghasilkan persamaan yang akan digunakan pada konversi nilai tegangan menjadi nilai ppm.

2.10 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pada tahap ini, dilakukan proses pengujian terhadap nilai pembacaan Sensor TDS yang telah ditambahkan rangkaian penguat sinyal (op-amp). Pengujian dilakukan dengan melihat nilai tegangan Sensor yang telah dikonversi menjadi nilai

ppm dan dibandingkan dengan pembacaan alat ukur TDS Meter.

2.11 Analisa Data

Tahap ini merupakan tahap pengumpulan data dari hasil pengujian. Berdasarkan data yang telah didapat, akan ditarik kesimpulan mengenai pengaruh penambahan rangkaian Operational Amplifier (Op-Amp) terhadap pembacaan sensor TDS.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bagian ini diberikan hasil penelitian yang dilakukan sekaligus dibahas secara komprehensif. Hasil dapat ditampilkan dalam bentuk gambar, grafik, tabel dan lain-lain yang mempermudah pembaca paham dan diacu di naskah. Bahasan dapat dibuat dalam beberapa sub bab.

3.1. Kalibrasi Sensor TDS

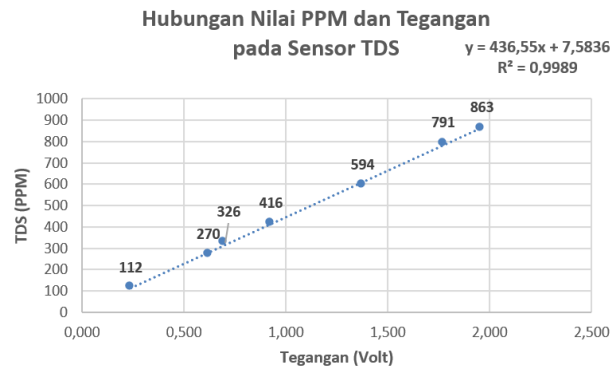
Proses yang dilakukan pada kalibrasi sensor TDS adalah melakukan perbandingan antara pembacaan nilai ppm pada TDS Meter dengan hasil pembacaan Sensor TDS. Hasil pengukuran nilai ppm dengan TDS Meter dan pembacaan nilai ADC dan Tegangan Sensor ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data Pembacaan Nilai Tegangan Sensor dan Nilai ppm

No	Sensor TDS		TDS Meter (ppm)
	(ADC)	(Volt)	
1	49	0,239	112
2	127	0,620	270
3	144	0,703	326
4	190	0,928	416
5	282	1,377	594
6	363	1,772	791
7	402	1,963	863
8	478	2,334	1685
9	488	2,383	2040
10	488	2,383	3783

Berdasarkan data pada Tabel 1, didapatkan grafik hubungan antara nilai

pembacaan ppm oleh TDS meter dan nilai ADC hasil pembacaan sensor.



Gambar 4. Grafik Hubungan nilai TDS Meter dan Sensor TD

Berdasarkan Grafik persamaan pada Gambar 4, dapat dilihat bahwa nilai koefisien determinasi (R^2) yang didapatkan adalah 99,89%. Nilai ini menunjukkan bahwa sensor TDS yang digunakan pada penelitian ini berfungsi dengan baik, karena memiliki tingkat linieritas tinggi. Berikut ini merupakan rumus konversi nilai ppm dengan persamaan regresi linier yang akan digunakan pada program arduino:

$$PPM = (436,55 * Tegangan) + 7,5836$$

3.2. Pengujian Sensor TDS

Proses pengujian pada sensor dilakukan dengan membandingkan nilai pembacaan sensor TDS yang telah dikonversi menjadi nilai ppm dengan hasil pembacaan alat ukur TDS Meter. Nilai selisih dari kedua hasil pembacaan tersebut akan dijadikan nilai eror untuk menentukan seberapa akurat pembacaan sensor TDS. Hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Pembacaan Nilai ppm dari Sensor TDS dan TDS Meter

No	Sensor TDS (ppm)	TDS Meter (ppm)	Akurasi (%)
1	36	38	94,74
2	108	107	99,07
3	273	263	96,20
4	283	271	95,57
5	324	326	99,39
6	424	431	98,38
7	787	801	98,25
8	800	790	98,73
9	890	914	97,37
10	990	1139	86,92
Rata-Rata			96,05

Berdasarkan data hasil pengujian sensor TDS pada Tabel 2, dapat disimpulkan bahwa sensor TDS ini mampu untuk mengukur nilai ppm dengan tingkat akurasi rata-rata di angka 96,05 %.

3.3 Pengujian Rangkaian Op-Amp

Tahap ini merupakan tahap pengujian rangkaian Op-Amp yang telah dirangkai pada Gambar 3, dengan membandingkan nilai penguatan dari hasil pengujian dan nilai penguatan hasil perhitungan yang diinginkan, yaitu 2,1 kali.

Data hasil pengujian dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan hasil pengujian rangkaian Op-Amp diatas yang disajikan pada Tabel 3 dapat disimpulkan jika rangkaian penguat sinyal (Op-Amp) yang telah dibuat dapat berfungsi dengan baik, dengan nilai rata-rata penguatan pada angka 2,120 kali dan nilai akurasi penguatan di angka 99,01 %. Dengan nilai akurasi tinggi tersebut, maka rangkaian penguat sinyal ini dapat digunakan dalam penguatan pembacaan sensor TDS.

Tabel 3. Data Pengujian nilai Tegangan Rangkaian Op-Amp

No	V_{in} (V)	V_{out} (V)	Nilai Penguatan (V_{out}/V_{in})	Akurasi (%)
1	1,235	2,628	2,128	98,59
2	1,362	2,894	2,125	98,74
3	1,420	3,003	2,115	99,22
4	1,584	3,345	2,112	99,36
5	1,637	3,463	2,115	99,19
6	1,764	3,730	2,115	99,23
7	1,974	4,175	2,115	99,21
8	2,149	4,574	2,128	98,57
9	2,233	4,711	2,110	99,46
10	2,352	4,996	2,124	98,77
11	2,435	5,171	2,124	98,80
Rata-rata			2,120	99,01

3.4 Kalibrasi Keseluruhan Sistem

Pada tahap ini hasil pembacaan ADC dan Tegangan dari keseluruhan sistem akan dibandingkan dengan pembacaan nilai ppm dari TDS Meter untuk mendapatkan rumus

konversi nilai ADC / Tegangan menjadi nilai ppm. Hasil pengukuran nilai ADC dan Tegangan sensor, serta pembacaan nilai ppm dari TDS pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Nilai Tegangan Sensor TDS dan Nilai ppm TDS Meter

No	Sensor TDS (ADC)	Sensor TDS (Tegangan)	TDS Meter (ppm)
1	30	0,146	32
2	52	0,254	56
3	173	0,845	187
4	211	1,030	229
5	323	1,577	350
6	420	2,051	453
7	540	2,637	543
8	648	3,164	682
9	708	3,467	733
10	830	4,053	877
11	888	4,336	984
12	1024	5,000	1683
13	1024	5,000	2153

Berdasarkan data pada Tabel 3, didapatkan grafik hubungan antara nilai pembacaan ADC dan Tegangan dari Sensor

TDS dengan nilai ppm dari TDS Meter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Grafik Hubungan Nilai Tegangan pada Keseluruhan Sistem dan Sensor TDS

Berdasarkan Grafik persamaan pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa hasil pembacaan keseluruhan sistem dan pembacaan nilai ppm dari TDS Meter memiliki hubungan linieritas tinggi yang ditunjukkan oleh nilai koefisien determinasi (R^2) dengan nilai 99,71%. Hal ini menunjukkan jika sistem yang digunakan berfungsi dengan baik. Dari grafik diatas, didapatkan persamaan regresi linier, yaitu :

$$ppm = (218,35 * Tegangan) - 1,4684$$

Persamaan ini akan digunakan sebagai persamaan untuk konversi nilai

pembacaan sensor yang berupa nilai tegangan sensor TDS menjadi nilai ppm.

3.5 Pengujian Keseluruhan Sistem

Pengujian keseluruhan sistem ini dilakukan dengan membandingkan nilai ppm pada TDS Meter dengan hasil pembacaan sensor yang telah ditambahkan rangkaian Op-amp dan telah dikonversi menjadi nilai ppm. Nilai akurasi dari keseluruhan sistem akan dibandingkan dengan akurasi pembacaan Sensor TDS sebelumnya. Hasil pengujian akan ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Pengujian Nilai ppm Keseluruhan Sistem Dan Alat Ukur

No	Keseluruhan Sistem (ppm)	TDS Meter (ppm)	Akurasi (%)
1	36	37	97,30
2	66	62	96,72
3	193	192	99,48
4	247	242	97,93
5	366	353	96,32
6	468	449	95,77
7	540	539	99,81
8	643	615	95,45
9	701	692	98,70
10	815	846	96,34
11	869	930	93,44
12	889	963	92,32
Rata-rata			96,63

4. SIMPULAN

Berdasarkan Penelitian yang telah dilakukan, didapati kesimpulan bahwa penambahan rangkaian Operational Amplifier (Op-Amp) sebagai penguat tegangan output dari sensor TDS mampu menguatkan tegangan keluaran Sensor TDS dengan baik. Hal ini dapat ditunjukkan dari nilai tegangan output maksimal sensor TDS

yang sebelumnya bernilai 2,383 V menjadi 5V setelah ditambahkan rangkaian Op-Amp. Di lain sisi, hasil penguatan tersebut tidak memberikan perubahan yang signifikan pada akurasi pembacaan TDS. Hal ini ditunjukkan dengan nilai rata-rata akurasi sensor tanpa rangkaian Op-Amp di angka 96,05% dan sensor dengan rangkaian Op-Amp di angka 96,63%, dengan peningkatan nilai akurasi di angka 0,58 %.

Saran untuk penelitian selanjutnya menggunakan IC Op-Amp jenis lain seperti LM741, JRC4558, dsb. Serta penelitian dapat dikombinasikan menggunakan metode selain regresi linier pada proses kalibrasi keseluruhan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S. K. Roy and P. Sharan, "Application of machine learning for real-time evaluation of salinity (or TDS) in drinking water using photonic sensors," *Drink Water Eng Sci*, vol. 9, no. 2, pp. 37-45, 2016.
- [2] B. A. S. Seni, "Kendali Dan Monitoring Tds Nutrisi Dan Ph Pada Budidaya Tanaman Selada (Lactuca Sativa Var. Crispa L) Hidroponik Berbasis Internet Of Things (Iot)," *Elibrary UNIKOM*, Nov. 2022.
- [3] A. A. Endryanto and N. E. Khomariah, "Kontrol Dan Monitoring Tanaman Hidroponik Sistem Nutrient Film Technique Berbasis IOT," *Konvergensi Teknologi Informasi & Komunikasi Journal*, Jul. 2020.
- [4] D. R. Tisna, B. J. M. Putra, T. Maharani, and H. Hasnira, "Metode Peningkatan Akurasi pada Sensor TDS Berbasis Arduino untuk Nutrisi Air Menggunakan Regresi Linier," *Jurnal Integrasi*, vol. 14, no. 1, pp. 61-68, 2022.
- [5] A. Rahmadi, "Sistem Kendali Distribusi Nutrisi Otomatis Serta Monitoring Ph, Tds, Dan Kelembaban Pada Tanaman Hidroponik," *Repository POLSRI*, 2019.
- [6] D. S. Chaniago, "Perancangan Dan Implementasi Sistem Absensi Cerdas Berbasis Arduino Mega," *Jurnal Teknologi Sistem Informasi dan Sistem Komputer TGD*, vol. 2, no. 2, pp. 50-57, 2019.
- [7] A. Ramadhani, A. K. Hendrawan, C. Soolany, B. R. Abizar, and A. K. Anam, "Rancang Bangun Smart Hidroponik Tipe Nutrient Film Technique Menggunakan Sensor TDS dan Arduino Uno Pada Tanaman Selada Air," in *Prosiding Seminar Nasional Wijayakusuma National Conference*, 2021, vol. 2, no. 1, pp. 43-49.
- [8] A. Ridhoi, K. Setyadjit, and B. Hariadi, "Pengaturan Lampu Penerangan Menggunakan Komparator OP-AMP LM358," *Jurnal Teknik Industri*, vol. 24, no. 1, pp. 45-57, 2021.
- [9] E. F. K. P. Tarigan, L. Setiawan, and A. Edi, "Rancang Bangun Voltmeter Ekonomis Berbasis Android Dengan Kalibrasi Open Circuit Voltage Dengan Metode Moving Average Untuk Aplikasi Sistem Monitoring Baterai Pada Kendaraan Elektrik," *Technologic*, vol. 13, no. 1, 2022.
- [10] E. P. Sitohang, D. J. Mamahit, and N. S. Tulung, "Rancang Bangun Catu Daya DC Menggunakan Mikrokontroler ATmega 8535," *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*, vol. 7, no. 2, pp. 135-142, 2018.